第９講　工業的製法①

4　工業的製法

無機化合物を工業的に大量生産するとき，安全性やコストなどを考え，実験室では起こせない反応などを利用する。その素晴らしい方法は，素人がその場で思いつくようなものではなく，きちんと勉強したかどうかが問われることになる。

工業的製法の流れをすらすら言えるようになろう。

①Na_2CO_3　アンモニアソーダ法（ソルベー法）

$$2NaCl + CaCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

この化学変化を利用してNa_2CO_3をつくるのが，アンモニアソーダ法である。

しかし，$NaCl$と$CaCO_3$は直接反応しないため，以下のような経路（遠回り）でこの反応を進行させていく。

(1)　$NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$

(2)　$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

(3)　$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$

(4)　$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$

(5)　$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \longrightarrow 2NH_3 + 2H_2O + CaCl_2$

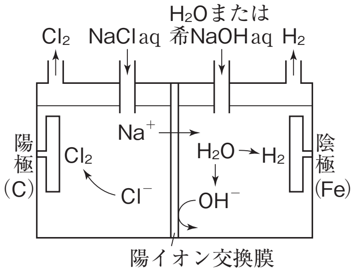
(1)×２＋(2)＋(3)＋(4)＋(5)により冒頭の全体の式が得られる。

※塩の溶解度　（g/H_2O 100g）

$NaHCO_3$	9.4
NH_4Cl	37.5
$NaCl$	35.9
Na_2CO_3	22.5
NH_4HCO_3	19.9

②NaOH　NaClaqの電気分解

陽極に炭素電極と塩化ナトリウム水溶液，陰極に鉄と希水酸化ナトリウム水溶液を用い，両極を陽イオン交換膜で仕切って電気分解を行う。



(＋)$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

(－)$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

陽イオン交換膜を使用するのは，陽極で発生する塩素と陰極で発生する水酸化ナトリウムが混合し，反応するのを防ぐためである。

もし，隔膜を使用しなければ，

$2NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$

の中和反応が起こり，水酸化ナトリウムが消費されてしまう。

③HNO_3　オストワルト法

$$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow HNO_3 + H_2O$$

この変化を利用してHNO_3を合成するのがオストワルト法である。

この反応は次の３段階で進めていく。

(1)　$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$　(Pt触媒)

(2)　$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

(3)　$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

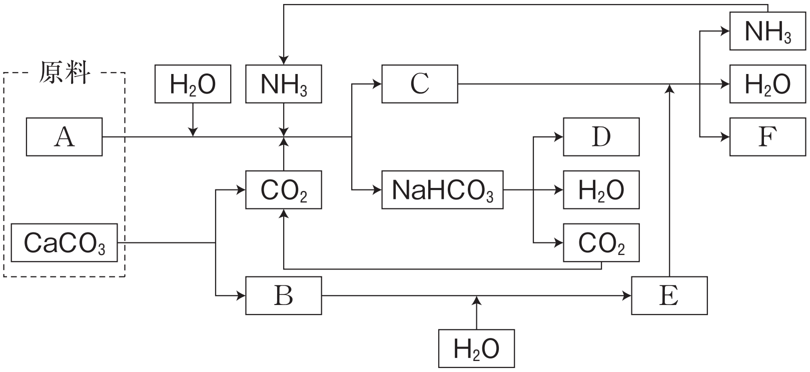
$\{(1)+(2)\times 3+(3)\times 2\}\times\dfrac{1}{4}$により冒頭の全体の反応式を導くことができる。

(3)によって生成するNOを(2)に再利用していくことを意識しておこう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第9講　演習問題

1　下に示したアンモニアソーダ法(ソルベー法)について，問1と2に答えよ。



反応経路図

問1　[A]，[B]，[C]，[F] に当てはまる化合物を化学式で答えよ。

問2　反応経路図中のすべての反応が過不足なく進行し，420kgの$NaHCO_3$が生成したと仮定する。このとき，化合物 [D] と [E] およびNH_3は，それぞれ何kg生成するか計算せよ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読み，問い（問１～６）に答えよ。

硝酸は，工業的には次の方法でつくられる。

反応１：ハーバー・ボッシュ法で合成された化合物アを空気と混合し，白金を触媒として約800℃で反応させ，化合物イをつくる。

反応２：化合物イを空気中で酸化して化合物ウとする。

反応３：化合物ウを水に吸収させて硝酸とする。

問１　反応1で，化合物ア1.00molを完全に反応させるのに必要な酸素の物質量として最も適当な数値を，次の①～⑧のうちから選べ。［　　］mol

①　0.50　②　0.75　③　1.00　④　1.25
⑤　1.50　⑥　1.75　⑦　2.00　⑧　2.25

問２　化合物イ，ウの記述として最も適しているものを，それぞれ次の①～⑧のうちから選べ。

①　塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると得られる。
②　常温で二量化しやすく，一部は無色の化合物に変化する。
③　亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱すると得られる。
④　シアン酸アンモニウムの加熱によって得られる。
⑤　亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると得られる。
⑥　水に溶けやすい無色の気体である。
⑦　血管を拡張させる作用を示す。
⑧　水に溶けて塩基性を示す。

問３　反応3で，化合物ウ1.00molを完全に反応させた。生成した硝酸の物質量として最も適当な数値を，次の①～⑧のうちから選べ。［　　］mol

①　0.333　②　0.500　③　0.667　④　1.00
⑤　1.25　⑥　1.50　⑦　1.75　⑧　2.00

問４　反応1～3は，1つの化学反応式にまとめることができる。反応1～3が完全に進み，5.1kgの化合物アが全て硝酸になったとすると，70%硝酸は何kg得られるか。最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから選べ。［　　］kg

①　9.6　②　14　③　19　④　27　⑤　38　⑥　54

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問５　次の値を利用して窒素(N_2)の結合エネルギーを計算すると，何kJ/molになるか。最も適当な数値を，①～⑥のうちから選べ。[　　　]kJ/mol

生成熱〔kJ/mol〕…　ア(気)　46，イ(気)　－90，ウ(気)　－33

結合エネルギー〔kJ/mol〕：H－H　436，O=O　498，　N－H　391

①　589　　②　810　　③　858　　④　946　　⑤　978　　⑥　1130

問６　銀に希硝酸を加えると，気体を発生しながら銀が完全に反応した。生成した気体を全て水上置換で捕集したところ，27℃，996hPaの大気圧のもとで2.0Lの気体が得られた。ただし，27℃での水蒸気圧は36hPaとし，全ての気体が捕集され，水への溶解や空気との反応はなかったものとする。反応した銀の質量(g)として最も適当な数値を，次の①～⑧のうちから選べ。ただし，Agの原子量を108，気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa・L/(mol・K)とする。[　　　]g

①　0.083　　②　0.25　　③　4.2　　④　8.3　　⑤　13　　⑥　17　　⑦　25

⑧　28

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第9講　確認テスト

1　アルカリ金属の炭酸塩である炭酸ナトリウムは，アンモニアソーダ法（ソルベー法）によって合成される。この反応の原料の組合せとして正しいものを，次の①～⑤の中から一つ選べ。

①　NaCl，H_2SO_4　②　HCl，$Ca(OH)_2$　③　NaOH，$CaCO_3$
④　NaOH，$CaCl_2$　⑤　NaCl，$CaCO_3$

2　以下の反応式からオストワルト法で70%の硝酸30kgを得るためには，標準状態で何m^3のアンモニアが必要か。もっとも近い値はどれか。ただし各反応は完全に進むものとする。

(ア)　$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$
(イ)　$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$
(ウ)　$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

①　5.5　②　6.5　③　7.5　④　8.5　⑤　9.5

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講　演習問題

1

問１　A　NaCl　　B　CaO　　C　NH_4Cl　　F　$CaCl_2$

問２　D　265kg　　E　185kg　　NH_3　85.0kg

2

問１　④

問２　イ　⑦　　ウ　②

問３　③

問４　④

問５　④

問６　⑦

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講　確認テスト

1　⑤

2　③

【解説】

アンモニアと硝酸は１：１の関係になるため，

$$\frac{V \times 10^3}{22.4} = 30 \times 10^3 \times \frac{70}{100} \times \frac{1}{63}$$

$$\underline{V = 7.5\text{m}^3}$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。